

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Off nlegungsschrift  
10 DE 44 36 054 A 1

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
B 06 B 3/00  
B 01 J 19/08

21 Aktenzeichen: P 44 36 054.1  
22 Anmeldetag: 10. 10. 94  
43 Offenlegungstag: 11. 4. 96

DE 44 36 054 A 1

71 Anmelder:  
Wimmer, Ulrich, Dipl.-Ing. (FH), 84518 Garching, DE

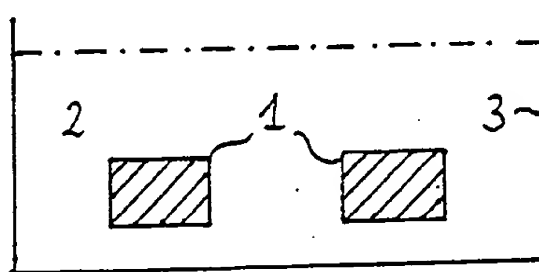
74 Vertreter:  
Petra, E., Dipl.-Ing., Pat.-Anw.; Will, W., Rechtsanwalt,  
85598 Baldham

72 Erfinder:  
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Einrichtung zur Vermeidung von Kavitationsschäden

57 Verfahren und Einrichtung zur Vermeidung von Kavitationsschäden.  
Verhinderung bzw. Minimierung eigenbedingter Kavitationsschäden an Ultraschallschwingern in Flüssigkeiten.  
Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt im wesentlichen durch die Ausbildung stehender Wellen zwischen zwei Schwingern (1) sowie zwischen einem Schwinger (1) und einer Grenzfläche (3), die zur Auskopplung der Leistung dient.  
Sämtliche Bereiche, in denen z. Zt. Ultraschall in Flüssigkeiten, hauptsächlich zur Erzeugung von Kavitation, eingesetzt wird oder dessen Einsatz geplant ist.



DE 44 36 054 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Vermeidung von Kavitationsschäden beim Einsatz von Ultraschall in Flüssigkeiten nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und auf eine Einrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruchs 7.

Ultraschall wird u. a. zum Zellaufschluß in der Biotechnologie, zur Trinkwasseraufbereitung und zur Abwasserbehandlung eingesetzt. Darüber hinaus wird derzeit in einem vom BMFT geförderten Pilotprojekt untersucht, welches Potential der Einsatz von Ultraschall für gezielte chemische Reaktionen und Spaltung hochpolymerer Verbindungen bietet.

Der Einsatz von Ultraschall im Wasser verursacht nicht nur im Medium selbst, sondern auch an allen Grenzflächen Kavitationen. Dabei ist vor allem die Kavitation auf der Oberfläche des Schwingers und seine dadurch bewirkte eigene Zerstörung problematisch.

Erfindungsgemäß wird das obige Problem dadurch gelöst, daß ein Schwinger so zu einer Begrenzungsfläche angeordnet wird, daß sich eine stehende Welle ausbildet. Von Vorteil ist dabei auch die Anordnung zweier Schwinger mit ihren Abstrahlflächen zueinander in einem Abstand, der einem ganzzahligen Vielfachen der halben Wellenlänge entspricht, wobei die Anregung fallweise gleich- oder gegenphasig erfolgt, um eine stehende Welle zu erzeugen.

Vorteilhaft ist ebenso die konkave oder konvexe Ausformung der Grenzflächen, um die Schalleistung auszukoppeln. Diese Spiegel können aus Styropor oder aus auf einen Rahmen aufgespannte Folien gebildet werden, die eine Luftblase einschließen. Durch die praktisch vollständige Reflexion von Schallwellen an der Wasser-Folie-Luft-Grenzschicht bzw. die im Styropor befindliche Luft wird die Dämpfung minimiert.

Von Vorteil ist des weiteren, zwei Schwinger so zueinander anzuordnen, daß sich zwischen ihnen eine stehende Welle ausbildet. In Weiterführung dieses Gedankens wird als Injektor ein Resonator mit paarweise entgegengesetzten seitlich angeordneten Anregungselementen vorgeschlagen. Dieser Hohlraumresonator kann mit einem flüssigen Medium gefüllt sein, das zur Kavitationsvermeidung einen höheren Siedepunkt als Wasser besitzt, was sich evtl. auch durch höheren Druck erreichen läßt. Die Abgrenzung zum Arbeitsmedium erfolgt zweckmäßigerweise durch eine auswechselbare Membran, die auch aus einer auf Vorratsspulen aufgewickelten Folie bestehen kann, die z. B. bei Verschleiß einfach weitergespult wird.

Von Vorteil kann des weiteren sein, mehrere Schwinger so anzuordnen, daß Interferenz entsteht, um die Anregungsleistung an gezielten Stellen zu erhöhen oder die Einzelleistung zu verringern.

Auch kann schließlich von Vorteil sein, wenn die Schwingungsanregung asymmetrisch verläuft. Durch eine schnelle positive Ausdehnung längs der Hauptabstrahlrichtung des Schwingers und eine relativ langsame Relaxation läßt sich ein günstigerer Schalldruck an der Abstrahlfläche gegenüber einer symmetrischen Anregung erzielen.

Da zur Zeit keine Möglichkeit der Vermeidung unerwünschter Kavitation bekannt ist, stellen die eingangs angeführten Einsatzgebiete, die mit Ultraschall in Wasser, wäßriger Lösung oder Flüssigkeit arbeiten, ein breites Anwendungsgebiet dar.

Die Verhinderung der Zerstörung oder die Verlänge-

rung der Standzeit der Schwinger minimiert kostentreibende Wartungs- und Stillstandszeiten.

Nachfolgend werden das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Einrichtung unter Bezug auf die Zeichnung näher erläutert.

Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 3 eine weitere Ausführungsform der Erfindung im Schnitt, und

Fig. 4 ein Weg-Zeit-Diagramm.

In Fig. 1 ist die erfindungsgemäße Einrichtung im Prinzip dargestellt. Die beiden Schwinger (1) sind in dem mit Wasser (2) gefüllten Gefäß (3) in einem Abstand zueinander und zu den Gefäßwänden angeordnet, der die Ausbildung stehender Wellen erlaubt.

In Fig. 2 befindet sich der Schwinger (1) in einem mit einer Flüssigkeit (5) gefüllten Gehäuse (4), das eine von einer Folie (6) verschlossene Öffnung besitzt. Die Spulen (7) dienen als Vorrats- bzw. Aufnahmebehälter für die Folie (6).

Fig. 3 zeigt die Anordnung zweier Schwinger (1) außerhalb des mit einer Flüssigkeit (5) gefüllten Gehäuses (4), das als Hohlraumresonator ausgebildet ist. Die Austrittsöffnung ist von einer Membran (8) verschlossen.

In Fig. 4 ist das Verformungsdiagramm (11) eines schwingungserzeugenden Elementes als dessen Veränderung seiner Wegachse (9) über der Zeitachse (10) bei asymmetrischer Ansteuerung dargestellt, bei der die Zunahme längs einer Koordinate von einer relativ langsamen Abnahme gefolgt wird.

## 35 Bezugszeichenliste

- 1 Schwinger
- 2 Wasser
- 3 Gefäß
- 4 Gehäuse
- 5 Flüssigkeit
- 6 Folie
- 7 Spule
- 8 Membran
- 9 Wegachse
- 10 Zeitachse
- 11 Verformungsdiagramm

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Vermeidung von Kavitationsschäden, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schwinger so zu einer Grenzfläche angeordnet ist, daß sich bei der Arbeitsfrequenz eine stehende Welle ausbildet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch eine konkave oder konvexe Ausformung der Grenzfläche die Schalleistung ausgekoppelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Welleninjektor ein Hohlraumresonator verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß durch Einsatz mehrerer Schwinger Interferenzen erzeugt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Schwinger so zueinander angeordnet sind, daß sich zwischen ihnen eine stehende Welle ausbildet.

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingungsanregung asymmetrisch verläuft mit vorzugsweise steiler Anstiegs- und langsamer Rückstellphase.
7. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Hohlraumresonator mit rundem oder eckigem Querschnitt durch paarweise gegenüberliegende Schwinger angeregt wird. 5
8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Resonator mit einer Flüssigkeit mit höherem Siedepunkt als Wasser gefüllt ist, und daß die Auskopplungsseite durch eine Membran oder eine aufgespulte Folie verschlossen wird. 10
9. Einrichtung nach Anspruch 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor aus Styropor geformt ist. 15
10. Einrichtung nach Anspruch 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor durch eine auf einem Rahmen aufgespannte Folie gebildet wird, von der Folie und dem Rahmen ein veränderbares Luftvolumen eingeschlossen und je nach dem inneren Luftdruck ein konkaver oder konvexer Spiegel ausgeformt wird. 20

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

55

60

65

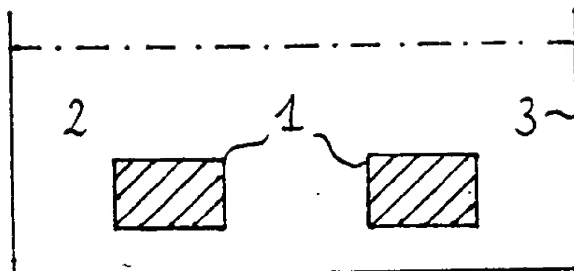


FIG. 1

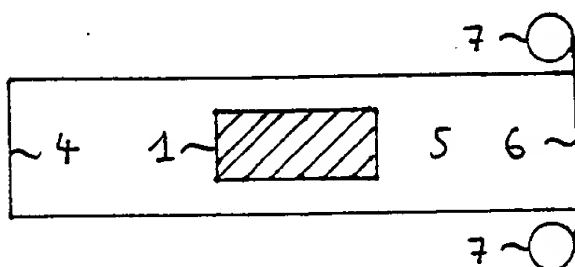


FIG. 2

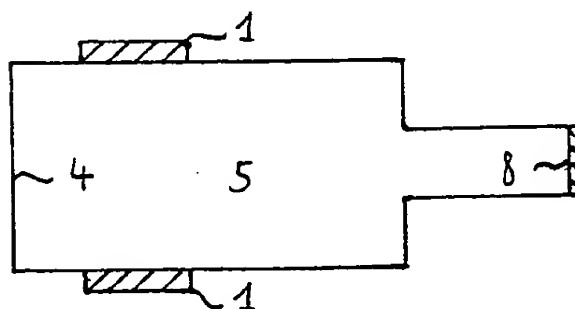


FIG. 3

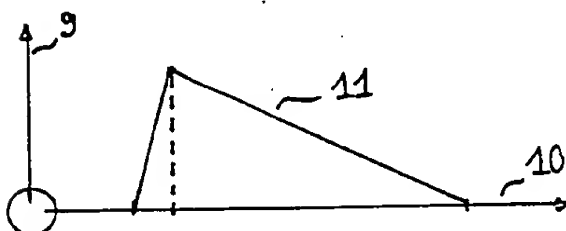


FIG. 4

**Publication DE 44 36 054 A1**

**Process and device for preventing cavitation damage**

The prevention or reduction of inherent cavitation damage on ultrasonic transmitters in fluids.

This task is essentially solved by the formation of standing waves between two transmitters (1) and between a transmitter (1) and a limit surface (3) which serves to couple out the power.

All areas in which ultrasound is currently used in fluids, mainly to generate cavitation, or where such use is planned.

The invention relates to a process for preventing cavitation damage when ultrasound is used in fluids according to the preamble of claim 1 and to a device for performance of this process in accordance with preamble of claim 7.

Ultrasound is used inter alia to break down cells in biotechnology, to prepare drinking water and for treating waste water. In addition at present a pilot project promoted by the BMFT institute is examining the potential for use of ultrasound for targeted chemical reactions and the splitting of high polymer compounds.

The use of ultrasound in water causes cavitation not only in the medium itself but also at all limit surfaces. In particular cavitation on the surface of the transmitter and its own destruction as a result cause problems.

According to the invention the above problem is solved in that a transmitter is arranged in relation to a limit surface so that a standing wave is formed. The arrangement of two transmitters with their radiant surfaces at a distance from each other which corresponds to an integral multiple of the half wavelength is advantageous, where the excitation can be in same phase or opposite phase in order to generate a standing wave.

Equally advantageous is the convex or concave formation of the limit surfaces in order to couple out the sound power. This reflector can be made of polystyrene or from a film stretched over a frame and enclosing an air bubble. The practically complete reflection of sound waves at the water/film/air interface layer or in the air in the polystyrene minimises the attenuation.

It is also advantageous to arrange two transmitters so that between them is formed a standing wave. In refinement of this concept as an injector a resonator is proposed with excitation elements arranged in opposing pairs on the sides. This cavity resonator can be filled with a liquid medium which to prevent cavitation has a boiling point higher than that of water, which can if necessary be achieved by higher pressure. The separation from the working medium is preferably achieved by an interchangeable membrane which can also consist of film wound on a storage spool, which for example is simply wound further when worn.

It can also be advantageous to arrange several transmitters so that interference occurs in order to increase the excitation power at targeted points or reduce the individual power.

Finally it can also be advantageous if the transmitter excitation is asymmetrical. A rapid positive propagation along the main direction of radiation of the transmitter and a relatively slow relaxation allows a more favourable sound pressure at the radiant surface in relation to a symmetrical excitation.

As at present no possibility is known of preventing undesirable cavitation, the fields of application listed initially which work with ultrasound in water, aqueous solutions or liquids, constitute a broad area of application.

The prevention of destruction or the extension of life of the transmitter minimises cost-intensive maintenance and down times.

The process according to the invention and the device according to the invention are described in more detail below with reference to the figures. These show:

Fig. 1 a diagrammatic view of a first embodiment of the invention

Fig. 2 a diagrammatic view of a second embodiment of the invention

Fig. 3 a further embodiment of the invention in cross-section, and

Fig. 4 a distance-time diagram.

Fig. 1 shows the device according to the invention in principle. The two transmitters (1) are arranged in the vessel (3) filled with water (2) at a distance from each other and from the vessel walls which allows the formation of standing waves.

Fig. 2 shows the transmitter (1) in a housing (4) filled with fluid (5), which housing has an opening closed by a film (6). The spools (7) serve as storage and receiver containers for the film (6).

Fig. 3 shows the arrangement of two transmitters (1) outside the housing (4) filled with fluid (5), which housing is formed as a cavity resonator. The outlet opening is sealed by a

membrane (8).

Fig. 4 shows the deformation diagram (11) of an element generating oscillation, as the change in its travel axis (9) over the time axis (10) with asymmetrical control in which the increase along one co-ordinate is followed by a relatively slowly decrease.

#### References

- 1 Transmitter
- 2 Water
- 3 Vessel
- 4 Housing
- 5 Fluid
- 6 Film
- 7 Spool
- 8 Membrane
- 9 Distance axis
- 10 Time axis
- 11 Deformation diagram



## Claims

1. Process to prevent cavitation damage, characterised in that a transmitter is arranged in relation to a limit surface such that a standing wave is formed at the working frequency.
2. Process according to claim 1, characterised in that the sound power is coupled out by a concave or convex form of the limit surface.
3. Process according to claim 1 and 2, characterised in that as a wave injector a cavity resonator is used.
4. Process according to claims 1 to 3, characterised in that interference is generated by the use of several transmitters.
5. Process according to claims 1 to 4, characterised in that two transmitters are arranged in relation to each other so that between them a standing wave is formed.
6. Process according to claims 1 to 5, characterised in that the oscillation excitation is asymmetrical with preferably a steep rise and slow return phase.
7. Device for performance of the process according to claim 1, characterised in that a cavity resonator with round or angular cross-section is excited by transmitters arranged opposite each other in pairs.
8. Device according to claim 7, characterised in that the resonator is filled with a fluid with a boiling point higher than that of water, and that the coupling side is closed by a membrane or a flushed film.
9. Device according to claims 7 and 8, characterised in that the reflector is made of polystyrene.
10. Device according to claims 7 to 9, characterised in that the reflector is formed by a film stretched over a frame, a modified air volume enclosed by the film and the

frame, and a concave or convex reflector is formed depending on the inner air pressure.